

IT通信技術を用いた道路斜面の監視における 点検コスト縮減について

大洲河川国道事務所 道路管理課 技官 岡田 泰樹
大洲河川国道事務所 道路管理課 維持修繕係長 山内 貴人

従来の地すべり観測は、現地へおもむき計器からデータを取得する半自動観測が主流となっている。そのため、自動観測と比べ観測に時間を要し、また、人件費の確保等の理由から多大な運用コストが必要であった。一方自動観測は、個々の地区ごとに観測計器から通信機器までを有線で接続する方法が一般的となっている。このため、自動観測で複数地区や点在する危険箇所に対応するには導入コストが高価であった。

そこで、広域な通信網が確保できるIT通信技術を活用し、自動観測を導入する際のコスト縮減を図った。

キーワード 斜面、自動観測、防災

1. はじめに

近年では、地球温暖化の影響もあり、雨の降り方が変化し（局所化、集中的、激甚化）、毎年のように土砂災害が発生している。

四国地方の道路は、四国山地を代表する険しい地形や中央構造線等により脆弱化した地盤を通過しているため、道路防災上の危険箇所を多く存在している。さらに、南海トラフ巨大地震による災害リスクが高まっている。

このため、道路交通の安全確保のため点検により監視している防災危険箇所が多くあり、点検に関して多くのコストが必要となっていることから、より効率化することが求められている。

近年、IT技術の進歩はめざましく、各分野でIT技術と既往技術との融合が図られている。

本稿では、防災危険箇所において最新のIT通信技術を活用し、斜面監視の効率化を図った事例を紹介する。

2. 道路防災点検および斜面監視について

道路防災点検は、落石・崩壊、岩盤崩落、地すべり、土石流、盛土、擁壁、橋梁基礎の洗掘等の災害が懸念される防災危険箇所について、近接目視点検を行うものである。また、これらのうち地すべり等で断続的、継続的に変状の進行が認められる箇所については、計器を設置して斜面監視を行っている。大洲河川国道事務所管内の直轄道路では120箇所の防災危険箇所を有しており、13箇所で斜面監視を行っている。（図-1）

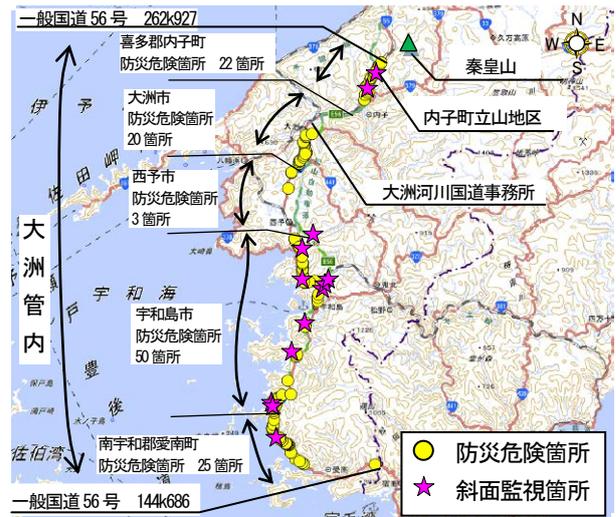


図-1 大洲管内の道路防災危険箇所と斜面監視箇所

3. 斜面監視に関する点検の現状

地すべり等の斜面監視は、観測開始から対策完了、対策工の効果の検証まで実施しており、長期化することが多い。

斜面監視方法としては、半自動観測と自動観測がある。半自動観測は、観測機器にデータが取得できるが、その計器からのデータの取り出しは現地に作業員がおもむく必要がある。その後、パソコンにてデータをグラフ化する。

これに対して、自動観測は、観測計器で取得したデー

タを通信機器を通じてインターネットにアップロードし、アップロード先のソフトウェアでグラフ等に見える化するものである。

自動観測は、データの取得作業、グラフの図化作業がなくなるため、半自動観測と比べ運用コストは低くなる。

また、インターネット上にデータがアップロードされるためリアルタイムで結果を把握することができ、さらに複数の関係者が同時に異なるところから閲覧することができる。このため、迅速かつ効率的な観測方法といえる。

ただし、自動観測は、通信機器等のシステムを構築する必要があるため、半自動観測と比較して導入コストが高くなるという問題がある。このため、斜面監視箇所のほとんどは半自動観測で監視しており、自動観測は、災害リスクが高い箇所に限定されている（図-2）。

表-1 半自動観測と自動観測の違い

監視方法	測定	データ取得	図化	データ閲覧	導入コスト	運用コスト	適用箇所
半自動観測	自動	現地にて取得	手動	-	安い	高い	一般的
自動観測	自動	自動	自動	リアルタイム複数	高い	安い	災害等の重要度の高い箇所

自動観測の導入コスト増の要因として、通信システムの構築形態が挙げられる。通信システムの構築は、個々の地区ごとに観測計器から通信機器までを有線で接続する方法が一般的である。

このため、複数地区や点在する危険箇所に対応する場合には、それぞれで対応しなければならない。

そこで、最新のIT通信技術を活用し、通信システム構築形態の改良を図った。

4. 使用したIT通信技術について

近年のIT通信技術では、LPWA（Low Power Wide Area）通信技術が注目されている。図-2に代表的な通信技術の通信距離と通信速度を示す。

LPWA通信技術は、通信速度は遅いが、低消費電力で広域通信ができるということが利点がある。通信速度が遅いため画像や動画データの送信はできないが、数値データ等のデータ量が軽いものであれば通信することが可能である。

今回使用したIT通信技術は、LPWA通信技術のうち、LoRa（Long Range）という通信技術を使用した。LoRaは、一般に公開されており、利用に制限がない規格で、電波免許の必要ない周波数を使用していることが特徴である。表-2にLPWA通信技術の種類とその特徴について整理した。

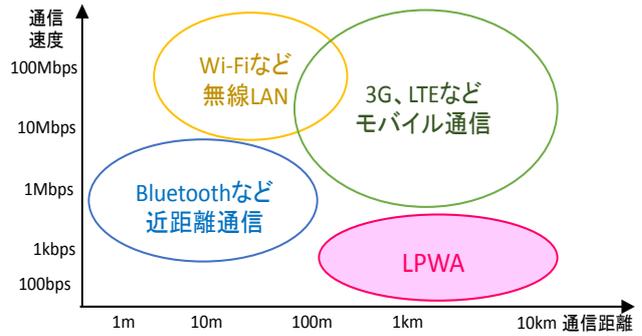


図-2 代表的な通信技術の通信距離と通信速度

表-2 LPWA通信技術の種類とその特徴

	LoRa	SIGFOX	NB-LTE
推進団体	LoRaアライアンス	仏SIGFOX	3GPP
電波免許	不要	不要	必用
周波数帯	920MHz帯など	920MHz帯など	LTE帯域
規格	規格が公開され、制限なし	規格に制限あり	規格が公開され、制限なし

5. LoRa通信機器の構成

LoRa通信機器は、デバイス（計測器）、ゲートウェイ、PoEハブおよびLTE装置から構成される。（図-3）

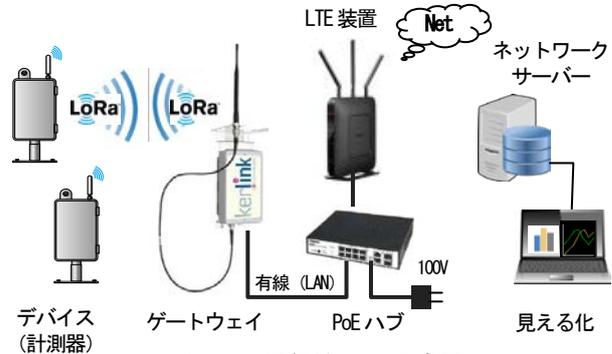


図-3 LoRa通信機器の構成図

デバイスとゲートウェイは、LoRaによる無線通信を行い、ゲートウェイで受信したデータを有線でPoEハブ、LTE装置に接続し、LTE装置よりインターネット上にアップロードする。アップロードされたデータはネットワークサーバーを通じて見える化される。

デバイスはそれぞれLoRa送信機能を有しているためゲートウェイを中心に散財的な位置で接続することが可能となる。このため、従来の自動観測システムのように計測機器と通信機器を有線で結ぶ必要がない。

したがって、LoRa通信可能な範囲であれば、LoRa対応のデバイスを設置するだけで、自動観測が可能となる。従来の自動観測システムのイメージとLoRaの通信技術による観測のイメージを図-4に示す。

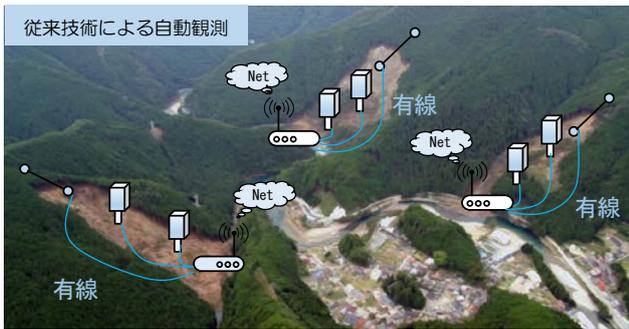


図-4 従来の自動観測システムとLoRaの通信技術による観測のイメージ

6. 斜面監視箇所の概要

今回、試行的にLoRaの通信技術を使用し監視を行った斜面は、愛媛県喜多郡内子町立山地区の自然斜面である。

防災危険箇所として抽出され、防災カルテ点検および地すべり観測が実施されている。

立山地区は、昔の土石流堆積物が表層を厚く覆った、傾斜45度程度の斜面である。地すべりに加えて表層が不安定化しており、平成17年、18年には表層崩壊が発生している。

地すべり観測は、孔内傾斜計観測を4箇所、自記水位計観測を1箇所実施している。

調査の結果、地すべりは幅50m、延長50m、深さ10m程度の規模で、変動は1.8～5.0mm/月で大雨時に変動が大きくなる傾向が確認された。変状は、著しいものは生じていないが道路擁壁がわずかに前面へ傾倒している。

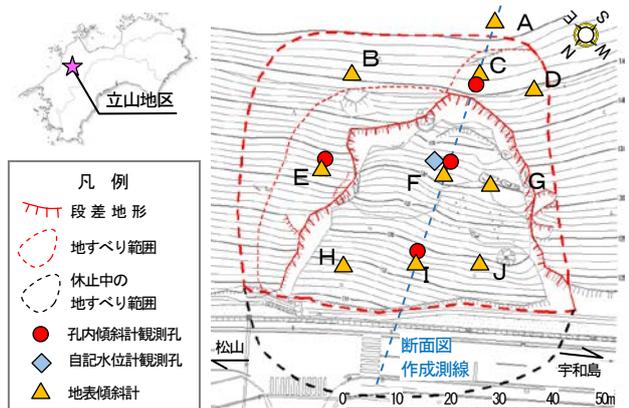


図-5 立山地区平面図

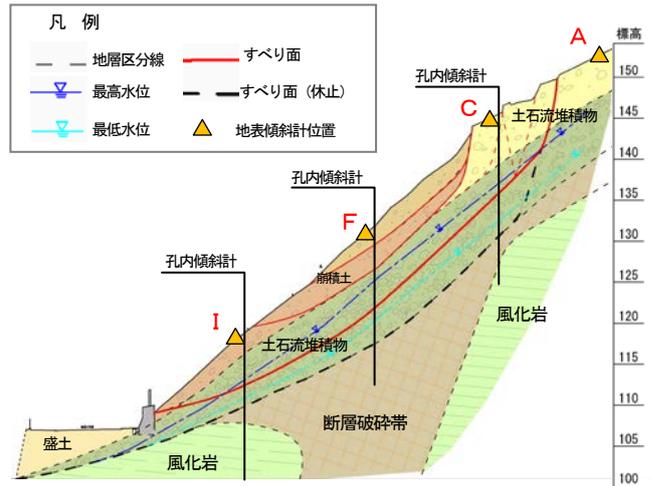


図-6 立山地区断面図

7. デバイスおよびゲートウェイの設置状況

立山地区には、LoRa対応デバイスとして地表傾斜計と自記水位計を設置した。設置した地表傾斜計を写真-1に示す。地表傾斜計は地すべりの他に表層の不安定化も懸念されるため、地すべりブロック内にまんべんなく9基、地すべりブロック外に1基設置した。地表傾斜計の配置図は図-5の立山地区平面図に示すとおりである。

地表傾斜計の測定は10分ピッチとし、電源は、購入が容易な単一乾電池8本とし、約2年間機能する性能とした。

ゲートウェイは立山地区から直線距離で8km離れた伊予市中山秦皇山の中山中継所の鉄塔踊り場に設置した。

LTE装置は中山中継所の建屋に設置した。(写真-2)

ゲートウェイからLTE装置までの配線はLANケーブルで接続している。なお、ゲートウェイとLTE装置の電源は中山中継所の100V電源から供給している。



写真-1 地表傾斜計の設置状況と傾斜計の内部状況



写真-2 ゲートウェイとLTE装置の設置状況 (秦皇山)

8. 観測結果

LoRaを使用した監視は平成30年3月より観測を開始している。観測結果は図-7に示すホームページでパソコンから閲覧できる。観測結果を図-8に示す。

データの通信は、落石による破損によるデータの欠如はあったが、通信不良による欠損は認められなかった。

地表傾斜計観測の結果、気温の変動による変化は確認されるが、現段階では地表の目立った傾斜の進行は認められない。また、電源については、4ヶ月観測で概ね80%程度の電池残量となっている。



図-7 ホームページ上の閲覧画面

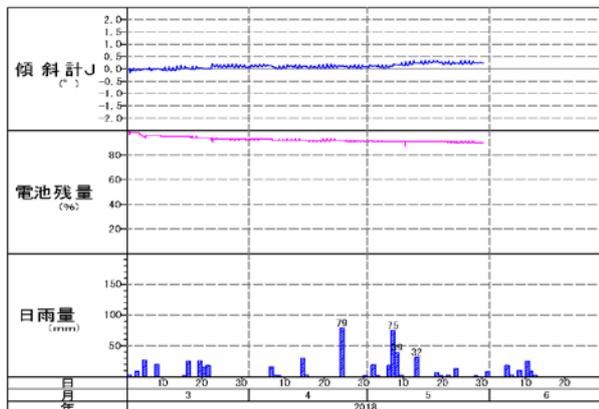


図-8 地表傾斜計観測結果 (J箇所)

9. 通信システムの構築形態の改良による効果について

ゲートウェイを秦皇山へ設置することにより、LoRaの通信可能範囲であれば、LoRa対応デバイスを設置するだけで自動観測が可能となる仕組みが構築された。今後、通信可能範囲で観測する場合には、LoRa対応デバイスを追加するだけで観測可能となり、コスト縮減が見込まれる。

なお、具体的なコスト縮減額については、当地区で5年間観測した場合を想定して算出した。(表-3)

また、災害時等には、迅速で安全にデータ取得が可能となる。

表-3 各観測方法の経済比較とコスト縮減効果

観測方法	導入コスト		運用コスト		合計 (千円)
	機械購入費 (千円)	設置費 (千円)	データ取得費又は 通信費等(千円)	資料整理 (千円)	
半自動	1,623	509	1,920	3,724	7,776 (100%)
自動 (従来)	2,214	1,037	1,171	2,224	6,646 (85%)
自動 (LoRa)	2,965	539	756	2,224	6,484 (83%)

金額は直接工事費を示す。合計下段の(%)は半自動観測を100%とした。

10. おわりに

LoRaの通信技術は、斜面の監視に限定されるものではなく、LoRa対応デバイスであればその他の分野(河川の氾濫監視、老朽化橋梁の監視等)での活用が可能である。通信テストの結果、現在のゲートウェイ設置箇所から10km地点での通信が可能であったことから、今後通信可能範囲を詳細に把握し、その他箇所での運用を検討する。

また、LoRaの通信技術を用いた斜面監視は、運用期間が短く、高温や植生繁茂時期、積雪時期を経験していない。このため、データ通信が現場条件に耐え、継続的な通信が確保できるか検証する必要がある。

さらに、デバイスからのデータは、ゲートウェイやLTE装置に集約されるため、これら計器が破損した時にはデータが欠損することとなる。計器の破損時のバックアップの確保についても課題である。

今後、LPWA通信技術の普及によりIoT化が進み、他分野における様々なデータが容易に取得できることが期待できる。さらなるコスト縮減や通信範囲の拡大を図るためには、データの解析技術やAI技術の向上・開発が重要と考えられる。